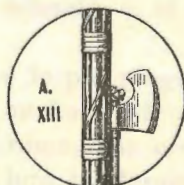
STAZIONE CHIMICO-AGRARIA SPERIMENTALE

DI UDINE

Prof. DOMENICO FERUGLIO

DIRETTORE

Le correzioni dei terreni

Estratto dagli Annali - Serie III.ª - Vol. III.º

UDINE
STABILIMENTO TIPOGRAFICO FRIULANO
1935 - XIII

Le correzioni dei terreni [1]

PREMESSA

Da millenni la tenacia della stirpe italica persegue la dura ma nobile fatica per la conquista e la redenzione agraria della madre terra; adorna d'infinite bellezze, ma nell'insieme caratterizzata da non grande feracità, da accentuazioni orografiche troppo rilevate ed estese, da vaste zone malsane ed infine da un clima di tipo semiarido specialmente estivo, cui non si sottraggono neppure le più beneficiate regioni dell'estremo arco alpino e del seno ligure-toscano.

Dagli antichi etruschi ai romani e di poi, attraverso lunghi periodi di soste e di riprese determinate dalle complesse vicende politiche e sociali, dal medio Evo cioè all'epoca del Risorgimento e all'Era attuale Fascista, che per volere del Duce ne sta potenziando e accelerando mirabilmente la fase definitiva, l'Italia ha scritto pagine brillantissime ed oltremodo istruttive su questo importante capitolo di storia del suo popolo in lotta secolare contro le difficoltà di suolo e l'irrompere di acque: dalle estreme pendici dell'Etna alle superbe terrazze della Liguria, dal piano Pontino alle bonifiche per colmata e ai margini lagunari della valle padana.

Nè deve pur ritenersi che le più pingui e fertili nostre zone pianeggianti, ammirate e invidiate anche d'oltr'Alpe, quali ad es. la classica Lombardia, la piana emiliana-romagnola ecc., abbiano richiesto nel corso dei secoli tenui sforzi per la loro trasformazione; trattasi in ogni caso di lungo lavoro, di costose opere di risanamento, sistemazione e miglioramento del substrato, di adduzioni irrigue, di ammendamenti od altro, di pratiche infine che anche se talvolta cadute in disuso, quali le calcitazioni o la gessatura del terreno, ebbero tuttavia larga risonanza pratica ed ora ritornano in pregio.

Poeti georgici e agronomi di altissima fama, oggi degnamente ricordati, hanno cantato in versi o scritto con somma perizia di tecnica ru-

---

[1] *Lezioni svolte al Corso Superiore di tecnica ed economia delle concimazioni.* - Roma, febbraio 1934 - XII.

rale, di quella tecnica che nei suoi principii essenziali costituisce anche attualmente alcuni cardini fondamentali di miglioramento e fertilizzazione del suolo; pur quindi intatti nell'incalzante odierno progresso scientifico che ha perfezionato e rivoluzionato vecchi e non rispondenti concetti.

Volendo pertanto dare una definizione basata su largo criterio di quanto possa intendersi per " *Correzione del terreno* ", dovremmo far rientrare in essa tutto il ricco bagaglio delle pratiche agronomiche che hanno comunque per scopo di eliminare i vizi e le deficienze del terreno stesso rendendolo più atto a sostenere le ordinarie coltivazioni; pratiche conseguentemente volte al miglioramento delle sue condizioni fisicochimiche e microbiologiche e alla più rispondente evoluzione pedogenetica. E a ciò concorre non solo l'uso appropriato di *ammendamenti e correttivi* considerati in stretto senso, o delle stesse concimazioni, ma bensì anche l'insieme delle norme tecniche esecutive che si compendiano nel complesso delle razionali lavorazioni, delle sistemazioni superficiali, dell'allontanamento delle acque in eccesso o di apporto di quelle vive per uso irriguo ecc., cui in parte assai cospicua e non di rado decisiva è legata la fertilità del terreno e per essa l'intensità della produzione vegetale.

La ristrettezza del tempo non consente certo di approfondire adeguatamente, in due brevi lezioni, i vari aspetti dell'importante argomento come dianzi prospettato; nella trattazione specifica, pur così limitata, un sensibile sviluppo sarà comunque dato a quanto ha particolare riferimento alla " *correzione del terreno* " come oggi più propriamente intesa e cioè limitata alla pratica rivolta ad eliminare od attenuare la sua manifesta *acidità* od *alcalinità* a mezzo di opportuni *correttivi* e di norme *agronomiche* integranti, senza tuttavia omettere il dovuto cenno intorno alle cause interferenti e di correlazione che valgono a porre nella dovuta luce i complessi fenomeni che accompagnano il processo della pedogenesi e che vi determinano la " *reazione anomala* ", in rapporto alla natura litologica dei materiali costitutivi, all'azione spiegata dal clima e dai concorrenti fattori biologici ed antropici.

In questi ultimi decenni lo studio del terreno si è particolarmente giovato delle scoperte e dei metodi d'indagine della fisico-chimica in special modo applicati alle ricerche sulla *reazione del terreno* e alle conoscenze e comportamento del *complesso colloidale*.

La bibliografia sull'argomento si è immensamente arricchita ad opera di numerosi scienziati, cui pure il nostro Paese ha dato notevole contributo fattivo.

Sono ben note infatti le interessanti ricerche del prof. Pratolongo che sulla reazione dei terreni italiani ha fornito per primo ampie documentazioni, nonchè pregevolissime pubblicazioni di divulgazione intorno alla loro pratica correzione.

E vanno pure ricordati tanti altri egregi e ben noti studiosi, che fanno capo agli Istituti Superiori Agrari e alle Stazioni Agrarie, cui è

oggi commesso per iniziativa della Fondazione per la Sperimentazione Agraria il rilievo e lo studio chimico-agrario dei terreni italiani.

Ond' è che invitato a svolgere questa parte del corso riguardante la *correzione dei terreni* avrei forse dovuto rispondere: " Non nobis "....; senonchè la cortese chiamata, in uno al fatto di alcuni nuovi rilievi sperimentali da me compiuti in questi ultimi anni in varie zone a reazione anomala e sinora solo in parte resi noti, mi hanno indotto ad accettare l' impegno che cercherò di assolvere nel miglior modo consentitomi.

PARTE I.

Terreni acidi e cause di acidificazione del terreno.

Nella formazione di quello che comunemente viene chiamato terreno agrario o vegetale, sviluppato sia sulla roccia madre, autoctono o eluviale, sia su materiali di trasporto quale è il caso dei terreni alluvionali di pianura, il clima, inteso in senso lato e comprensivo pertanto anche dei fattori biologici, esplica come è ben noto azione notevolissima.

Ogni tipo di roccia o di sfatticcio meccanico di elementi rocciosi sotto l'influenza di differenti climi origina altrettanti diversi tipi di terreno; l'indirizzo evolutivo pedogenetico è quindi segnato dagli agenti climatici che, in rapporto alla durata maggiore o minore di tempo in cui esercitano la loro azione indisturbata, generano tipi e profili di terreno più o meno maturi o di degrado, con caratteri e composizione variamente e anche notevolmente diversi da quelli dei primitivi materiali da cui derivano.

Il clima determina pertanto un'azione livellatrice profonda, che tende man mano ad eliminare ogni influenza del substrato inalterato.

Nel nostro Paese, data la svariata e complessa struttura orografica fortemente ondulata di assai estese superfici, che ostacola la permanenza in posto del materiale di alterazione a motivo della notevole inclinazione delle pendici, con conseguente denudamento della roccia madre, ed ancora per l'origine relativamente recente delle formazioni di piano, lo sviluppo pedogenetico del terreno è tuttavia, nella gran parte dei casi, alquanto limitato e ristretto a un piuttosto debole strato superficiale; non di rado esso può anzi dirsi quasi ancora nullo.

Ne deriva che assai maggiori rapporti di costituzione e composizione chimica intercorrono da noi tra terreno vegetale e substrato non alterato, in quanto l'alterazione stessa non ne ha ancora profondamente modificato l'ossatura di base e molti degli elementi litologici primitivi possono di conseguenza dimorare tuttora intatti nello strato che particolarmente ci interessa.

Lo studio geolitologico d'insieme costituisce quindi pur sempre nelle nostre peculiari condizioni di clima e giacitura, la premessa indispensabile per l'ulteriore approfondimento dell'indagine pedologica.

Tuttavia non mancano anche in Italia *terreni* di origine piuttosto antica, da lungo tempo cioè rispettati dalle azioni di trasporto delle acque,

od ancora di più facile alterazione in rapporto alla loro originaria costituzione, i quali appaiono profondamente modificati dal complesso fattore ambientale e che raggiungono in profondità notevoli sviluppi di *profilo* con caratteristiche degne di studio e rilievo.

L'esame e la distribuzione dei terreni tipici italiani ha formato oggetto di altre lezioni del corso, nè vuolsi quì entrare in particolare merito sull'argomento, per quanto qualche interferenza appaia inevitabile; ai fini nostri basti comunque ricordare come i terreni più profondamente alterati sono generalmente situati ai vertici sopraelevati ed antichi dei ripiani diluviali o prequaternari che si appoggiano alla catena prealpina o alla serie appenninica, da lunghi millenni non più invasi dalle acque vaganti (terreni variamente ferrettizzati), od ancora sulle dorsali pianeggianti e sufficientemente estese di zone in rilievo, pur esse in parte salve dall'azione erosiva delle acque (terre giallo-rossastre e brune).

Generalmente può dirsi che l'alterazione meteorica favorisce in funzione di tempo i processi di acidificazione del terreno derivante, processi dai quali risultano invece indenni o quasi i substrati di più recente deposito come i bassopiani delle nostre maggiori valli e molti tra gli attuali relitti costieri, nonchè le zone denudate in pendio.

A tale regola non mancano certo eccezioni determinate da uno svariato complesso di cause, come d'altronde va osservato che altre cause particolari locali interferenti: giacitura, esposizione, porosità od impermeabilità del sottosuolo, vicinanza del mare, sommersione od emersione da acque dolci o salse, accumuli salini o di spoglie vegetali ecc. ecc., possono alla loro volta creare per più o meno estese zone condizioni speciali, dette anche aclimatiche, atte a limitare o favorire più o meno l'evoluzione pedologica ed i fenomeni di acidificazione od alcalinizzazione, cui spesso pure concorre in notevole misura l'opera dell'uomo.

Le rocce inalterate, di origine vulcanica o sedimentaria e pur se di costituzione assai complessa, presentano di regola reazione neutra od ancor più di tipo subalcalino; è ben noto poi che tra esse quelle carbonate alcalino-terrose (calcare, dolomia, ecc.) assumono esponenti assai elevati di alcalinità.

Il disfacimento meccanico ne facilita invece di poi il dilavamento ad opera delle acque carbonicate meteoriche che lisciviano le basi alcaline e quelle alcalino-terrose.

Il terreno ne rimane pertanto impoverito, nel mentre si arricchisce di ioni idrogeno in misura equivalente o di ioni di metalli ad esso sostituibili (ferro e alluminio), gli uni e gli altri capaci d'imprimere reazione acida al terreno stesso.

Varia è la resistenza opposta dai materiali rocciosi all'azione meteorica, essa si dimostra maggiore in quelli di origine vulcanica, tuttavia anche questi in processo di tempo finiscono per subire tale alterazione e vanno progressivamente acidificandosi.

Meno complesso appare il fenomeno nelle rocce tipicamente carbonate (di calcio e magnesio); quivi il calcare disciolto sotto forma di bi-

carbonato viene lisciviato, lasciando in posto lo scarso residuo dovuto alle impurità (residuo per se stesso ricco di silice, ferro, allumina, ecc.), che per ulteriore evoluzione ed ossidazione può originare la *terra rossa* e le varie forme a questa più o meno riferibili.

Effetti analoghi si verificano sui materiali di alluvione di egual origine calcarea e sebbene con meccanismo meno semplice anche in quelli variamente silicei; il prodotto finale è rappresentato in questi casi e nel nostro clima da un terreno ocraceo ricco d'idrati di ferro e di alluminio *(ferretto)*, nel mentre gli strati del sottosuolo vengono arricchendosi dei composti disciolti, bene spesso sotto forma d'incrostazioni caratteristiche denominate: ceppo, conglomerato, caranto ecc. (nei terreni calcari) e cappellaccio, tufo, tasso ecc. in quelli di natura silicea o vulcanica.

Conseguentemente anche il profilo originario del terreno viene modificandosi, gli strati superficiali appaiono decalcificati o comunque fortemente alterati e in fase progressiva e più o meno incipiente di acidificazione, nel mentre in profondità, per la rideposizione degli elementi alcalini o alcalino terrosi, il profilo segnerà orizzonti a reazione neutra od ancora variamente alcalina.

Qualora il clima sufficientemente umido permetta l'accumulo in superficie delle spoglie della vegetazione, l'alterazione e l'acidificazione procedono con ritmo più marcato, a un primo orizzonte brunastro per copia di sostanze organiche ne segue altro più povero e dilavato con asportazione anche dei composti di ferro e allumina; tale profilo assume allora reazione nettamente acida con aspetto quasi ceneroso dando luogo alla formazione *podsolica* o dei *podsol*, non molto frequentemente rilevabile da noi ma assai estesa nei climi dell'Europa centrale e settentrionale.

Quanto sopra, ripetesi, è il risultato manifesto sui terreni di più antica formazione *in posto* e quindi non ulteriormente rimaneggiati od abrasi; tutta una gamma intermedia, con presenza maggiore o minore di elementi primitivi inalterati o quasi, si riscontra invece nei terreni di più recente deposito, arricchiti e commisti a più freschi materiali, od ancora in quelli denudati nei quali assai meno marcato o nullo risulta il fenomeno dell'acidificazione.

La vegetazione spontanea, la flora microbica, la presenza di sostanze colloidali temponi ecc. accentuano o ritardano in varia misura il fenomeno stesso e ciò per diversi se non tutti evidenti motivi sui quali verrà fatto in appresso qualche riferimento di dettaglio.

Per le ragioni dianzi esposte, quali la non grande estensione che assumono in Italia i *terreni pedologicamente antichi* ed ancora per il preponderante sviluppo delle formazioni calcaree o calcareo dolomitiche, i terreni *acidi* (vaude, barragge, brughiere, ferretti tipici, arenarie profondamente alterate, terreni vulcanici dilavati, ecc.), pur accresciuti da altre aree di recente conquista a manto decisamente organico e torboso, non rappresentano fortunatamente che una frazione, se pur sensibile, del nostro territorio.

Un catasto preciso è in ogni modo in corso da parte dei nostri Istituti di sperimentazione.

L'attenzione va però richiamata anche in merito ad altre notevoli superfici che denotano ormai fenomeni decisi di *calciocarenza* nei riguardi delle piante coltivate e particolarmente delle leguminose foraggere; superfici sprovviste di calcare od in avanzato grado di decalcificazione, sebbene attualmente presentanti reazione all'incirca di tipo neutro. Sono quindi pur esse bisognose di utile correzione ai fini agricoli poichè la calciocarenza attuale rappresenta il primo decisivo passo verso l'acidificazione.

Sempre notevole è infatti la perdita annua che subisce il terreno in composti di calcio, dovuta all'azione solvente meteorica e all'asportazione fattane con le comuni colture, alcune delle quali assai esigenti nei riguardi del fabisogno dell'elemento calcio.

Ne è qui il caso di soffermarsi lungamente sulla funzione del calcio nel ruolo fisiologico delle piante per la formazione dei tessuti vegetali e per la stessa attività protoplasmatica, azione manifestamente benefica nei riguardi della produzione non solo quantitativa ma anche di carattere qualitativo.

E' noto infatti come varie piante cresciute in ambienti deficitari di calce diano luogo a scarsi rendimenti od anche a mancato attecchimento, od ancora a prodotti meno sapidi e serbevoli e comunque poveri di composti di calcio, il che non è senza dannose conseguenze sotto l'aspetto alimentare umano e del bestiame domestico.

Anni fa ho avuto modo di occuparmi di tale ultimo argomento in merito cioè alla deficienza di calcio e fosforo nei foraggi ricavati da terreni assai poveri di tali elementi e scarsamente concimati, che determinavano riflessi immediati e dannosi sulla taglia dei bovini, sulla loro conformazione e resistenza scheletrica (osteomalacia) e sugli stessi prodotti quali il latte, diminuendone il valore nutritivo.

La calciocarenza e più ancora la manifesta acidità del terreno hanno pure notevole riflesso sullo sviluppo della vegetazione.

Vi hanno cioè specie caratteristiche ben note, *ossifile*, anche di tipo utilitario, resistenti all'acidità del mezzo; quelle che in via principale soddisfano ai bisogni dell'uomo e degli animali esigono tuttavia di massima reazione che si aggira sulla neutralità, per non dire in genere delle leguminose foraggere che offrono i migliori risultati nei terreni alcalini almeno sino a un P_H 8.

Nè può farsi gran conto sulle varie possibilità naturali di difesa che le piante possono opporre rispettivamente all'acidità o all'alcalinità, in quanto se ciò pur verificabile torna a scapito della produzione e diminuisce nel contempo la resistenza a molte malattie parassitarie determinando anche evidenti anomalie fisiologiche.

Non per ultimo va notato come la utile flora microbica che presiede i fenomeni di nitrificazione del terreno od anche di accumulo sintetico di sostanze azotate quali ad es. gli Azotobacteri, non possa svilupparsi

adeguatamente in ambienti sensibilmente acidi e come pertanto il dinamismo vitale ed evolutivo del terreno ne risulti compromesso.

I terreni acidi, come d'altronde quelli alcalini, possono presentarsi nella più svariata forma di costituzione fisico-meccanica, dal terreno cioè grossolano ciottoloso a quello sabbioso, di medio impasto, argilloso tenace, di tipo prevalentemente minerale od anche, come vedremo, di natura organica e torbosa.

In linea di massima la maggiore grossolanità e porosità del terreno favorisce il dilavamento meteorico e quindi l'acidificazione, vi hanno tuttavia anche sensibili eccezioni.

Sempre vi si riscontra però il depauperamento degli ioni basici sostituiti da quelli dell'idrogeno o ferrici ed alluminici; la parte colloidale resta così priva o, come dicesi ancora, insaturata dei composti d'assorbimento dei più benefici ioni dei metalli alcalini od alcalino terrosi (K, NH_4, Ca, Mg) che determinano, all'opposto, il più rispondente complesso dei colloidi ai fini tecnico-agricoli.

L'azione antropica ha esercitato ed esercita tuttora, all'infuori delle vicende climatiche, effetti notevoli e bene spesso radicali.

Il diboscamento, la messa a coltura, la sistemazione e il risanamento, l'irrigazione, le pratiche colturali ecc. determinano un'impronta decisiva sul ciclo pedogenetico ed è per buona parte in potere dell'uomo il dominare con l'applicazione di norme razionali i fenomeni d'impoverimento e di acidificazione del terreno.

Speciale menzione meritano i terreni costituiti sui depositi vallivi, che hanno formato o formano ancora oggetto d'intensa attività bonificatrice, in passato portanto sottoposti a regime palustre.

Tale regime di sommersione, cui questi terreni hanno soggiaciuto per lunghi secoli, non determina di regola acidificazione del mezzo, essendo per l'ambiente asfittico così creato impediti i fenomeni di ossidazione da parte dell'ossigeno atmosferico; qui invece hanno dominato i processi di riduzione che come è noto portano a disacidificazione od alcalinizzazione del terreno.

Non torna inutile poi accennare come il concetto, ancora abbastanza diffuso, che cioè tutti i terreni umidi, sortumosi o palustri siano acidi non risponda ad alcun criterio tecnico ed alla realtà del fatti, potendosi riscontrare, e gli esempi non mancano, vaste aree paludose e fortemente organiche che marcano reazione neutra o nettamente alcalina, sia per le cause sopra indicate, sia ancora per la natura calcarea del sottofondo o delle acque che impaludano i terreni stessi.

Vi hanno tuttavia in questa categoria anche assai estese zone variamente od eminentemente acide in dipendenza della costituzione silicea primitiva del terreno e di altre numerose cause concomitanti, intorno alle quali ho compiuto un'estesa serie di ricerche sperimentali, dei cui risultati, in altra occasione illustrati, darò ora qualche breve cenno.

Riesce da queste dimostrato che l'acidità dei terreni torbosi viene esaltandosi a seguito delle opere stesse di bonifica e di risanamento, man

mano cioè che tolte le acque in eccesso gli strati superficiali subiscono la progressiva ossidazione.

Egli è che in detti terreni si trova non di rado ingenerata, a motivo di complessi fenomeni riduttivi, una sensibile copia, anche sino a 1 e 2 $^0/_0$, di composti piritosi (disolfuro di ferro) che, per processi ossidativi e biologici, a bonifica idraulica compiuta, danno luogo a formazione di numerosi composti intermedi di ossidazione dello zolfo (iposolfiti, tionati ecc.) ed infine a sali fortemente dissociati in soluzione acquosa (ferrosi ed alluminici), quali il solfato ferroso ecc., potendosi riscontrare talvolta, in deficienza di basi, la presenza dello stesso acido solforico libero, in uno a cospicui depositi di zolfo amorfo biancastro che di sovente tappezza il fondo delle scoline e dei colatori maggiori.

Le acque circolanti e di fondo vengono quindi arricchendosi di questi ed altri prodotti nocivi, tra i quali spesso rilevabile l'idrogeno solforato, lo stesso gas metano, in uno a composti ammoniacali e a sostanze umiche disciolte; esse sono dotate di forte potere riducente, assai spesso acide e risultano generalmente imbevibili dagli stessi animali.

Da questi fatti, che credo per primo di aver posto in evidenza e nel dovuto rilievo, riesce sfatata, almeno per un grande numero di casi, la comune credenza che l'acidità di detti terreni sia essenzialmente od esclusivamente di natura organica; questa in ogni modo non sembra poter raggiungere gli alti esponenti acidimetrici che quivi assai spesso si rinvengono (che salgono a un P_H pari a 5, 4 e persino 3) e non riuscirebbe pertanto di cosi notevole nuocimento alle coltivazioni ed allo sviluppo di rispondente flora microbica.

Appare invece dimostrato che tale elevata acidità è prevalentemente di natura inorganica e particolarmente dovuta ai composti di ossidazione dello zolfo.

Nei terreni silicei il fenomeno si aggrava con notevoli difficoltà di correzione; anche poi nel caso di sottosuoli, sui quali si adagia lo strato torboso, originariamente più o meno ricchi di calcare, si avrà un notevole intacco del materiale stesso e una corrispondente rapida decalcificazione.

Ho inoltre rilevato come il grado di acidità di questi terreni subisce cospicue variazioni stagionali corrispondenti ai periodi di più o meno intensa ossidazione o, all'opposto, di maggior dilavamento meteorico; da ciò il spesso lamentato mutevole comportamento della vegetazione che nei casi più accentuati di concentrazione idrogenionica è condannata a perire.

Lento, in mancanza di opportune correzioni, risulta il risanamento di tali terreni che si protrae di fatto per un lungo periodo e che ostacola il successo delle coltivazioni erbacee ed anche delle piantagioni legnose.

Terreni alcalini.

Si è in precedenza osservato come nell'ossatura dei due sistemi orografici alpino e appenninico, le rocce carbonate alcalino-terrose assumano una rilevante proporzione, sì da imprimere a vaste regioni il carattere fondamentale loro proprio, di originare cioè terreni di natura calcarea, ad *alcalinità costituzionale* assai elevata.

Il denudamento delle rocce madri ad opera dell'improvvido diboscamento e della mancata sistemazione fa sì che i materiali stessi di progressiva alterazione e decalcificazione non possono permanere in posto, di modo che continuamente si rinnovano e affiorano gli elementi litologici primitivi, sia pure temperati, nella svariata serie delle formazioni, da maggiore o minore presenza di materiali silicei ed argillosi come ad es. si verifica nelle argille plioceniche preappenniniche e in genere nei depositi marnosi-calcarei del periodo terziario.

Conseguentemente, l'enorme congerie dei materiali di erosione e di trasporto torrentizio e fluviale è venuta creando a valle i terreni di bassopiano, colmando insenature marine o lagunari e comunque impinguando con sempre freschi elementi la potente ed alternante pila dei sedimenti alluvionali.

Ciò da ragione del notevole contenuto in calcare di moltissimi terreni in pendio, poco o punto alterati e giacenti sulle formazioni dianzi accennate, nonchè di quelli di piuttosto recente alluvione di piano, beneficiati in passato da continui apporti di materiali ad opera delle non contenute acque.

E ciò pure spiega il perchè della natura sensibilmente od anche prevalentemente calcarea o calcareo-dolomitica dei relitti sabbiosi e dunosi della più gran parte delle nostre zone littorali costiere (versante adriatico, ligure, dell'alto Tirreno ecc.), rispecchianti pertanto largamente e zonalmente la natura litologica dei singoli bacini di provenienza.

L'alcalinità delle rocce carbonate e dei terreni derivanti è di origine *costitutiva,* essa pertanto si ripete immutata per assai lungo periodo, sino cioè alla dissoluzione completa del materiale calcare.

Il carbonato di calce nelle sue varie forme mineralogiche e la stessa dolomite imprimono alti gradi di alcalinità alle loro soluzioni acquose che, in assenza di anidride carbonica disciolta, raggiungono esponenti superiori a P_H 9.

Va considerato tuttavia che l'acqua circolante nel terreno assume non di rado una non trascurabile tensione di CO_2 per cui l'alcalinità anche riferita ai composti mineralogici puri appare praticamente alquanto attenuata, sebbene pur sempre nociva alle coltivazioni ed alla stessa flora microbica qualora superiore all'esponente 8.5.

Per ovvie ragioni l'alcalinità costitutiva del terreno è quella di più difficile correzione e vaste aree si dimostrano irriducibili o quasi a qualsiasi tentativo di messa a coltura.

Limitato è pure il numero delle specie arboree che quivi può trovare ricetto.

Il profilo di questi terreni rivela di regola un grado crescente di alcalinità a partire dall'alto verso lo strato profondo; ciò è dovuto generalmente all'accumulo in superficie dei prodotti residui insolubili del calcare, nel mentre le soluzioni dei bicarbonati permeano il sottosuolo incrostandolo degli elementi disciolti.

Altri composti sono capaci d'imprimere reazione alcalina al terreno, basti ricordare le basi alcaline delle rocce silicate ed effusive od intrusive che particolarmente in un primo tempo si oppongono alla sua acidificazione. E tale pure è l'azione manifesta dell'idrato ferroso o manganoso la di cui presenza è tuttavia legata al carattere riducente che i terreni talvolta assumono (sommersione, mancato scolo di acque, ecc.) ma che viene meno tosto che le cause stesse vengono a cessare.

Devesi però considerare un'altra forma di alcalinità che è quella di *assorbimento*, meno resistente ma tuttavia non sempre facilmente eliminabile a causa di particolare giacitura del terreno o di altre cause più o meno complesse e in ogni modo assai nefasta per le proprietà fisicochimiche che impartisce al terreno stesso.

Tale dannosa alcalinità è in special modo dovuta all'ione sodico che la massa colloidale viene assorbendo dalle soluzioni saline preesistenti (formazioni sedimentarie di origine marina non totalmente dessalate o comunque ben fornite di composti sodici), o risalienti per capillarità dal sottosuolo, od ancora accumulantisi per apporti da zone viciniori. Qualora il terreno sia di natura piuttosto tenace — e il fatto è aggravato dalla presenza degli stessi elettroliti salini — le acque superficiali non debitamente canalizzate ed allontanate e quindi ristagnanti, evaporando nella stagione secca danno luogo a dannose concentrazioni e comunque al fenomeno sopra ricordato di assorbimento sodico che imprime al complesso colloidale il grado massimo di rigonfiamento e dispersione, coi più perniciosi effetti sulle proprietà capillari del terreno che pertanto non si lascia più attraversare in alcun senso dall'acqua.

Tali proprietà permangono anche a successivo parziale o totale dilavamento salino per l'alcalinità idrolitica determinata dal sodio stesso assorbito che ripassa in soluzione sotto forma di carbonato e bicarbonato sodico (alcali nero).

Anche le sostanze umiche vengono disciolte dall'alcali e pertanto ne risulta impedito il benefico loro accumulo superficiale.

E' questa l'origine della soda nel terreno, anche in terreni non decisamente salsi dei quali noi ci occuperemo in appresso, le cui sinistre ripercussioni interessano specialmente notevoli zone dell'Appennino nonchè i terreni soggiacenti di piano.

Dobbiamo specialmente al prof. De Dominicis della Scuola di Portici le prime interessanti ricerche sull'importante argomento e per i terreni dell'Italia Meridionale, perseguite di poi anche dai suoi collaboratori.

Fenomeni consimili si verificano d'altronde anche in varie zone del-

l'Estuario veneto-padano sulle quali vado compiendo da tempo indagini sistematiche.

Motivo questo che suggerisce ancora come gli studi in parola, se pur trovano luce da saggi e ricerche su campioni isolati di terreni e di acque, devono per potersi generalizzare tendere all'indagine totalitaria delle condizioni fisico-ambientali e alle cause di correlazione, esaminate su convenienti estesi territori, da suffragarsi quindi con metodiche ricerche di campagna e di laboratorio che vanno condotte per un congruo periodo di tempo.

Anche l'alcalinità eccessiva, di costituzione o di absorzione, promuove varie anomalie fisiologiche in molte piante coltivate, ostacolando od impedendo ad es. l'assorbimento del ferro e dei fosfati. E' ben noto, quale causa derivante dall'alcalinità del mezzo, il fenomeno della clorosi delle viti innestate su certi porta innesti americani non adatti; pare inoltre dimostrato come alcune malattie dovute ad azioni parassitarie siano favorite dall'ambiente alcalino.

Comunque è stato ricordato che anche l'attività microbica riesce depressa in terreni notevolmente alcalini e come talune piante o non riescono affatto o vi forniscano assai scarse produzioni.

Anche nelle zone tipicamente alcaline vi ha tuttavia un certo numero di specie vegetali *(anossifile)* che vi possono prosperare; fra quelle che interessano l'agricoltura vanno citate la sulla e la lupinella e in grado minore la stessa medica ed altre leguminose; tra le legnose ad es. il Pino nero austriaco, la Tamarix, il carpino nero, l'olmo, la quercia ecc.

Terreni salsi.

Questi terreni rientrerebbero a stretto rigore nella categoria degli alcalini per alcalinità di assorbimento (dovuta specialmente alla soda), e di ciò è stato fatto precedente riferimento.

Tuttavia vi hanno zone nelle quali l'alcalinità di assorbimento è accompagnata da quella costitutiva ed ancora terreni ad un tempo organico-torbosi e salmastri, ove in un primo tempo possono anche prevalere i processi di acidificazione.

Da questo emerge pure come le denominazioni di *terreni torbosi* e di *terreni salsi* non rappresentino che espressioni generiche di un complesso svariatissimo di cause ed effetti che interessa sommamente indagare col dovuto dettaglio.

Per i motivi di cui sopra ed anche perchè nei terreni qui esaminati la concentrazione salina raggiunge spesso cifre assai elevate ho ritenuto farne cenno particolare.

I terreni notevolmente salmastri sono comunemente racchiusi, per quanto non manchino eccezioni, nei comprensori littoranei di più recente conquista idraulica, a spese di zone vallive, di più o meno ampi specchi

di lagune morte o vive, di zone barenose, di delta fluviali ecc., sommerse od imbevute da acque salse marine.

Il grado di salinità appare vario per quanto notevole e vi hanno quindi tutte le gamme a seconda delle condizioni iniziali d'ambiente e del tempo maggiore o minore trascorso a partire dal loro riscatto.

Va notato anche come la salinità stessa sia in stretto rapporto con l'andamento stagionale e con le precipitazioni atmosferiche, maggiore pertanto nei periodi asciutti durante i quali può determinarsi anche la risalita della salsedine dagli strati profondi, minore nella stagione piovosa; da ciò le differenze notevolissime di composizione chimica che si possono riscontrare non solo a breve distanza di tempo ma ancora a diversa profondità nella falda liquida che imbeve il sottosuolo.

Posso comunque ricordare come in alcuni comprensori barenoso-lagunari di recente prosciugamento, ho riscontrato nelle falde immediate del sottofondo tenori di salinità pari a 20-30 e persino a 40 e più grammi per litro.

Da tutto ciò appare evidente come i territori inizialmente tanto salmastri risultino tra quelli di più difficile conquista agraria e come convenga andar piuttosto cauti prima d'includerli in aree di comprensori di bonifica.

La costituzione di questi terreni risulta assai varia: trattasi di finì materiali alluvionali o di sedimentazione marina e lagunare, ben di sovente ricchi di conchiglie di molluschi e spesso ancora commisti a depositi organogeni di origine sapropelitica (velme costituite dalle spoglie variamente umificate di piante ed animali marini) e come si è detto anche talvolta di natura torbosa.

Anche qui vi ha non di rado presenza di composti piritosi — solfuro e disolfuro di ferro — i quali possono originare prodotti inorganici acidi finali per gli stessi processi e con le stesse conseguenze esaminate a proposito dei terreni torbosi e con notevole intacco dell'eventuale materiale calcare.

Si verificano pertanto anche sensibili variazioni di composizione nelle acque del sottosuolo, aumenta infatti in esse il tenore in solfati e, tenuto conto dei fenomeni di lisciviazione, il rapporto tra cloruri e solfati, inizialmente elevato, riesce in seguito di tempo notevolmente abbassato ed anche invertito.

In terreni di costituzione prevalentemente minerale e comunque in processo di tempo prevalgono però i fenomeni di alcalinizzazione, di dispersione colloidale, di solubilizzazione delle sostanze humiche e d'impermeabilità quasi assoluta dovuta al sodio assorbito, che ostacolano fortemente il dessalamento e la proficua messa a coltura.

Non ci ripeteremo quindi su quanto in precedenza osservato posto che l'andamento del fenomeno è del tutto analogo.

Ne può dimenticarsi come l'attecchimento delle comuni specie erbacee ed arboree utili trovi qui le maggiori difficoltà e come altre, variamente resistenti alla salinità del mezzo e alle altre cause concomitanti, assumano il comportamento tipicamente xerofilo.

Definizione, espressione e determinazione dell'acidità e dell'alcalinità del terreno.

I brevi cenni seguenti hanno in certo modo per scopo di richiamare le nozioni essenziali su ciò che modernamente s'intende per reazione *del terreno* o del " *mezzo* „ nel quale le piante attingono l'acqua e gli elementi necessari al loro sviluppo.

La reazione stessa è in dipendenza della concentrazione degli ioni idrogeno (H) e degli ioni ossidrilici (OH) presenti allo stato dissociato nelle soluzioni acquose circolanti nel terreno (grado di acidità o di alcalinità).

L'ione H dissociato impartisce il carattere acido, l'ione OH quello alcalino.

Tale grado di acidità e di alcalinità è dovuto quindi alla *fase liquida* del terreno e rappresenta l'acidità o l'alcalinità in atto che è quella che comunemente viene determinata saggiando direttamente la soluzione circolante od estraendo il terreno con acqua distillata in adatte condizioni.

La chimica agraria indaga tuttavia anche l'acidità e l'alcalinità complessiva che somma la precedente a quella latente, legata cioè agli ioni H e OH meno prontamente e facilmente dissociabili, od agli elementi ad essi sostituibili.

A sua volta l'acidità latente può riferirsi a composti stechiometricamente acidi, al complesso dei colloidi inorganici ed organici ed ancora ai composti d'assorbimento; l'alcalinità latente è di origine costitutiva, colloidale e d'assorbimento.

A determinare fasi di acidità od alcalinità nel terreno concorrono pure gli stessi prodotti dell'attività biochimica, quali le secrezioni acide delle radici e dei processi di riduzione, ammonizzazione, nitrificazione ecc. dovuti all'azione dei microrganismi.

Le condizioni del clima, l'andamento stagionale, le concimazioni e gli ammendamenti, nonchè le pratiche agronomiche e colturali in genere manifestano ancora al riguardo variazioni più o meno vistose.

I composti d'assorbimento colloidale che cedono alle soluzioni ioni idrogeno, ferrici od alluminici, conferiscono al terreno reazione acida, l'inverso avviene per i composti che cedono ioni ossidrilici, sodici o potassici.

I carbonati terroso-alcalini (di Ca e Mg) impartiscono nel loro prodotto di soluzione e idrolisi netta e talvolta assai elevata reazione alcalina.

I silicati basici, per profonda idrolisi e per accumulo dei prodotti di lisciviazione possono ingenerare reazione alcalina, il successivo depauperamento delle basi induce acidificazione.

La presenza in sensibile copia di sostanza organica determina acidificazione del terreno qualora manchino composti atti alla saturazione; si è veduto tuttavia come tale acidità più difficilmente si dimostri per se stessa veramente dannosa e come invece gli alti esponenti forniti non di rado da questi terreni debbano attribuirsi ad altre cause e pure ai mede-

simi prodotti inorganici derivanti dalla demolizione della molecola della sostanza organica.

I processi di riduzione che si originano nel terreno in deficienza di ossigeno o per presenza di acque più o meno stagnanti, involgono spesso disacidificazione del mezzo; le lavorazioni determinano generalmente ossidazioni e a seconda dei casi acidificazione o disacidificazione.

L'entità talvolta cospicua dei fenomeni sopra ricordati e di altri ancora, è fortunatamente spesso attutita *dall'azione di cuscinetto* o di *tampone*, manifestata da alcuni componenti normali del terreno, che ostacolano le conseguenti escursioni del grado di concentrazione idrogenionica.

E' nota al riguardo la funzione dei carbonati terroso alcalini; i colloidi organici e inorganici dimostrano pure azione tampone regolatrice assai decisa poichè capaci di assorbire ioni H e OH o i metalli a questi riferibili, che poi non cedono che per lenta idrolisi od azione di doppio scambio in presenza di soluzioni saline diluite.

Ovvio appare anche come una maggior varietà litologica costitutiva del terreno offra condizioni migliori di regolazione del grado di acidità od alcalinità in confronto a substrati risultanti da uno o pochi tipi fondamentali di roccia.

La presenza di elettroliti forti o di soluzioni saline piuttosto concentrate, serve a contenere il grado di acidità e di alcalinità in limiti più ristretti.

L'azione si manifesta più particolarmente sui composti d'assorbimento, contribuendo a mantenere allo stato coagulato od absorzionale gli ioni capaci d'imprimere al terreno la reazione di tipo acido od alcalino.

L'effetto utile conseguibile dall'uso di appropriati concimi, fisiologicamente acidi od alcalini e di opportuni ammendamenti, va frequentemente posto in relazione con quanto sopra enunciato.

Il letame, come pure i sovesci e i colloidi organici in genere, manifestano al riguardo azione notevolissima; essa appare assai netta ed efficace tanto nel caso di terreni ad elevato grado di acidità che di alcalinità.

Notevole è l'attività fisiologica determinata dagli ioni H e OH dissociati, in rapporto alle forti escursioni di concentrazione idrogenionica che possono presentare le soluzioni circolanti del terreno; conseguentemente assai importanti appaiono le dipendenze tra possibilità e prosperità di vegetazione e grado di acidità, come pure in confronto ai processi microbici che ne sono grandemente influenzati come è stato fatto per dianzi cenno.

Nei riguardi dell'espressione di misura del grado di acidità e tenuta in primo luogo presente la legge sui fenomeni di dissociazione elettrolitica delle soluzioni acquose diluite, la quale stabilisce che la concentrazione degli ioni H è inversamente proporzionale alla concentrazione degli ossidrili OH, se ne deduce che il prodotto delle due concentrazioni rappresenta una costante comune per tutte le soluzioni diluite e variabile solo con la temperatura. A 18° tale costante è espressa dal valore $(H) \times (OH) = 10^{-14,14}$.

Le due concentrazioni H e OH si equivalgono nel caso dell'acqua pura e si avrà quindi $H = 10^{-7,7}$; $OH = 10^{-7,7}$.

In altre parole nell'acqua pura la concentrazione degli ioni idrogeno dissociati (grado di acidità) non raggiunge che un *decimilionesimo di grammo di ioni idrogeno per litro* e una uguale concentrazione di ioni *ossidrilici* pure per litro.

L'acqua è pertanto una soluzione un decimilionesimo normale, acida ed alcalina.

Per gradi di un milionesimo, un centimillesimo, decimillesimo normale di acidità od alcalinità corrispondono rispettivamente le concentrazioni di H e OH, espresse in grammi ioni per litro,

di 10^{-6}, 10^{-5}, 10^{-4}

Dato il rapporto di correlazione della costante sopra indicata e poichè, ad esempio, a una concentrazione di ioni idrogeno pari a 10^{-9} corrisponde la concentrazione di ioni OH $= 10^{-5}$, torna possibile rappresentare su un'unica scala acidimetrica il vario grado di acidità ed alcalinità delle soluzioni, in funzione cioè della sola concentrazione di ioni idrogeno.

Per semplicità di espressione ai valori di concentrazione si sostituiscono gli esponenti logaritmici 5, 6, 7, 8, 9 ecc. spogliati ancora dal segno negativo, e posti accanto all'indice o simbolo P_H o pH.

Secondo le notazioni del Wherry che ha proposto di rapportare l'acidità e l'alcalinità a quella dell'acqua pura (acidità e alcalinità relativa), si ha che gradi di acidità di 6, 5, 4, indicano concentrazioni di idrogenioni di 10, 100, 1000 volte superiori a quella dell'acqua pura ($P_H = 7$) e, rispettivamente gradi di acidità P_H di 8, 9, 10 rappresentano concentrazioni idrogenioniche di dieci, cento, mille volte inferiori a quelle dell'acqua pura.

La determinazione del grado di acidità attuale viene ora comunemente eseguita o con metodi fisici (potenziometro) o per via colorimetrica; sui dettagli di esecuzione non torna qui possibile soffermarsi.

Di regola le sospensioni e le soluzioni del terreno da servire per la determinazione del grado di acidità vengono preparate con acqua distillata privata al massimo della CO^2; il grado così rilevato rispecchia per evidenti motivi di fatto e con ogni sufficiente realtà i rapporti che intercorrono tra terreno e comportamento della vegetazione.

Da alcuni, e per i terreni acidi, viene tuttavia usata di preferenza una soluzione salina diluita di KCl ($\frac{n}{10}$) la quale, per i fenomeni di doppio scambio che determina il potassio con gli ioni H, Fe, Al, dei composti d'assorbimento del terreno, offre gradi di acidità sensibilmente maggiori di quelli forniti dall'acqua distillata.

Anche con tale variante non si giunge tuttavia alla determinazione *dell'acidità complessiva* del terreno, sulla cui espressione ritorneremo tra breve.

I terreni che presentano gradi di concentrazione idrogenionica che poco si scostano da quello dell'acqua pura vengono definiti come *neutri;* per gradi di concentrazione maggiori o minori avremo terreni *subacidi, acidi* e *peracidi* e rispettivamente *subalcalini, alcalini* e *peralcalini.* Al riguardo sono stati proposti vari tipi di classificazione.

PARTE II.

Pratica della correzione dei terreni.

E' stato in precedenza posto in rilievo come i moderni metodi della fisico-chimica applicati allo studio del terreno in uno alle indagini d'indole biologica, abbiano permesso di approfondire notevolmente le conoscenze dianzi possedute; giova ripetere come essi rappresentino importanza capitale anche per quanto ha riguardo alla pratica correzione dei terreni a *reazione anomala* o comunque viziati per difetti costitutivi od acquisiti.

Dalle conoscenze stesse possono poi trarsi ancora altre opportune ed assai utili norme di carattere generale agronomico che completano il quadro di quello che si è definito costituire l'insieme della razionale tecnica volta al miglioramento fisico-chimico del terreno e delle sue attitudini colturali.

Di quella e di queste, pur nella ristrettezza di tempo, diamo ora i necessari cenni di dettaglio.

Correttivi e ammendamenti.

Limitato ancora oggi e per ovvie ragioni, è il numero delle sostanze più propriamente indicate come correttive del terreno ed anche nel campo delle pratiche ammendatrici, quanto già usato sin da tempi antichi non trova sostanziali innovazioni (debbio, sommersione alternata, irrigazione, apporto di sostanza organica, ecc.).

Appare invece profondamente modificata la tecnica d'applicazione delle une e delle altre in rapporto alle assai più precise nozioni intorno alla costituzione ed evoluzione del terreno e alla sua reazione, bene spesso in stretta dipendenza con le proprietà del complesso colloidale.

Per quanto gli studi procedano incessanti, che il progresso non si arresta, torna tuttavia attualmente possibile illuminare con ampio criterio i fenomeni sopraricordati sì da consentire, in gran numero di casi, norme ormai saggiate dall'indagine e dalla pratica e pertanto rispondenti e probative.

L'opera dei tecnici propagandisti varrà sicuramente poi a togliere definitivamente vecchi pregiudizi ed erronei concetti, che non deve acca-

dere ad esempio, come non di rado si verifica, di vedere applicato l'uso del gesso per correggere terreni acidi o l'impiego della calce ove evidente appare la reazione alcalina costitutiva, od altre pratiche ancora inutili e dannose.

Per l'indirizzo della correzione del terreno, a parte i dati che può fornire l'analisi dei suoi componenti immediati, sorregge in primo luogo la conoscenza del grado di acidità o dell'esponente acidimetrico della sua soluzione acquosa. Esso ci indica già se il terreno è acido, neutro od alcalino e se quindi avrà bisogno o meno di correzione.

Questo tuttavia non ci illumina sufficientemente sulla reale pratica quantità di un determinato correttivo necessaria a neutralizzare il terreno stesso o comunque a ridurne l'acidità o l'alcalinità entro limiti convenienti.

Ciò in dipendenza del *potere cuscinetto tampone* del terreno e quindi della capacità *elettrochimica*, variabile come è ben noto, senza quindi correlazione costante, a seconda della intima costituzione dei singoli terreni (presenza maggiore o minore di colloidi, loro natura — inorganici e organici, grado di saturazione ecc.).

In altre parole terreni con uguale grado di acidità, ma di diversa costituzione, possono richiedere quantità differenti dello stesso correttivo per poter offrire un altro determinato ugual grado di acidità.

Poichè dunque l'espressione del grado di acidità come comunemente determinata non è atta a rappresentarci il bisogno effettivo di correzione, devesi approfondire l'indagine con altri metodi appropriati.

Soccorre a ciò la determinazione *dell'acidità complessiva* o come dicesi della " *copia* „ di ioni idrogeno presenti e sostituibili in un dato terreno.

Essa si valuta come *bisogno in calce* del terreno ma può ancora e meglio esprimersi in funzione della *curva di saturazione alcalina* e cioè dei singoli diversi quantitativi di calce necessari a portare gradualmente l'esponente acidimetrico verso il punto della neutralità (P_H 7) ed ancora della saturazione completa dell'acidità latente.

Si è veduto come tali quantitativi indici della curva di saturazione non sono uguali per tutti i terreni; da ciò la necessità d'indagine per ciascun terreno o per tipi pedologici uniformi.

Analogamente intendesi per *alcalinità complessiva,* che assomma tutte le funzioni alcaline del terreno, opportunemente titolabili con soluzioni acide di concentrazione nota od ancora riportate alla *curva di saturazione acida.*

A tali scopi di valutazione servono tanto i *metodi chimici* che quelli *elettrometrici,* questi ultimi hanno però il vantaggio della speditezza e di permettere pertanto con poche rapide determinazioni il tracciamento delle curve di saturazione che riescono poi di assai utile guida.

I dati così ricavati in via teorico-sperimentale e pur esatti, riferiti in quintali di correttivi per ettaro per il determinato spessore di terreno che praticamente interessa, e per rapportare l'acidità complessiva a un

conveniente grado prestabilito di saturazione, non corrispondono tuttavia a quelli dell'osservazione nel campo pratico.

Ciò perchè anche i correttivi subiscono di fatto dilavamenti e lisciviazioni negli strati profondi, venendo così a interessare uno spessore maggiore di terreno, di modo che per questo ed altri motivi come quello di difficoltato uniforme spargimento, le quantità calcolate risultano insufficienti allo scopo desiderato.

Si sono svolte pertanto le indagini a ricercare, sperimentalmente, appositi fattori di aumento che permettano di supplire a tale insufficienza; detti fattori oscillano per i terreni acidi e secondo vari sperimentatori tra 1.5 e 3; il che vuol dire che in questi casi ad es. la dose di calce praticamente da somministrare risulterebbe anche doppia o tripla di quella indicata dalle stesse curve di saturazione.

La sperimentazione diretta colturale, affiancata da quella di laboratorio, viene in ogni modo dimostrando che non è necessario giungere alla saturazione completa del complesso colloidale per ottenere produzioni anche assai elevate e ciò sia nel caso di terreni prevalentemente minerali che organici.

Praticamente interessa quindi conoscere quale percentuale dei colloidi necessita saturare per la miglior rispondenza agronomica. Ciò per dar norme più estese ed applicabili a larghe superfici presentanti sensibili analogie.

Recenti esperienze del prof. Tommasi su terreni humici, che per raggiungere il grado di saturazione totale avrebbero richiesto quantitativi di calce tanto elevati da risultare in pratica del tutto proibitivi, stabiliscono ad esempio che al punto neutro le basi assorbite raggiungono appena il 30 % rispetto alle basi assorbibili a un P_H 11. Il grado di saturazione che si confà alle colture è quivi molto più basso di quello necessario per i terreni ricchi di colloidi minerali (nei quali sembra aggirarsi intorno al 55 e 70 % della saturazione completa fatta rispettivamente a un P_H di 11 e di 8.5), ottenendosi anche con un grado di saturazione del solo 20 % vegetazione rigogliosa e alte produzioni.

L'importante argomento va ancora certamente approfondito nelle svariate nostre condizioni di terreno e pure in rapporto alla natura delle basi del complesso colloidale, il che ha grande influenza sulla vegetazione e sulle condizioni fisiche del terreno.

In proposito e su tipici terreni del Veneto ho in corso particolari e dettagliate ricerche.

Appare indubbio che le indagini dei varii studiosi porteranno maggior luce, con notevole derivante vantaggio della tecnica colturale.

Correttivi dei terreni acidi.

L'elemento essenziale e più conveniente allo scopo è fornito dal calcio generalmente impiegato sotto forma di ossido, CaO, o di ossido idrato $Ca(OH)_2$; servono meno bene le calci provenienti da calcari dolomitici ricchi di magnesio.

In ogni modo le calci offerte dal commercio vanno sempre valutate in base al loro reale contenuto in ossido di calcio; va tenuto anche conto che le varie impurità presenti incidono sul prezzo di trasporto.

Nel terreno la calce completa eventualmente la sua idratazione trasformandosi di poi in carbonato ad effetto della CO_2 presente ed iniziando nelle fasi suddette e coi lavori d'incorporamento la fissazione al terreno stesso e la conseguente azione neutralizzante e di saturazione.

Appare superfluo insistere sulle modalità di spargimento a tutti note, spargimento che deve comunque riuscire il più omogeneo possibile ed evitare nei singoli punti difetti od eccessi, questi ultimi riuscendo particolarmente dannosi data la causticità del prodotto anche nei riguardi della flora microbica.

Circa i quantitativi utili da impiegarsi, criteri d'indirizzo vengono come si è detto forniti dai laboratori in base all'esame del terreno e al determinato bisogno di calce espresso in ossido di calcio per 1000 parti di terreno, nonchè a norme di carattere più generale che potranno dettarsi. Per le varie considerazioni addotte in precedenza e pure per motivi d'indole economica, ne scaturisce però in certo modo il consiglio di frazionare in più riprese la quantità complessiva indicata, il che permette d'altronde di seguirne i graduali effetti e la rispondenza colturale.

Anche poi nel caso di acidità rinnovantesi per formazione di composti ferrosi ed alluminici, come considerato in precedenza per alcuni terreni, la somministrazione frazionata appare consigliabile.

Dal punto di vista fisico notevoli sono i vantaggi che apportano le calcitazioni. Lo stato di dispersione colloidale e di conseguente compattezza e impermeabilita riesce assai ridotto e migliorato; l'argilla flocula e per la struttura glomerulare assunta riescono facilitate le lavorazioni nonchè esaltata la capacità per l'acqua e la stessa attività microbica.

Con la migliorata confacente reazione e con l'arricchimento del terreno dell'utile elemento calcio, appare anche possibile in breve ciclo di tempo assicurare l'attecchimento delle specie vegetali più esigenti al riguardo e particolarmente della medica e di altre leguminose da foraggio cui in terreni acidi è negata la prosperità.

Fra gli altri materiali cui può utilmente ricorrersi per correggere l'acidità vanno ricordati il carbonato di calce (calcare macinato), i calcari marnosi e la stessa calce di defecazione dei zuccherifici.

L'azione dei materiali stessi è certamente inferiore sotto ogni riguardo a quella spiegata dall'ossido di calcio, e ciò a parte le impurezze e le

materie inerti in questi contenute, assai elevate specie nei materiali marnosi (circa 20 a 70 %).

Lo stesso carbonato di calcio puro ha azione correttiva di poco superiore alla metà di quello dell'ossido di calcio.

Tali motivi e il fatto dell'assai costoso trasporto a sensibili distanze, limita o rende spesso proibitivo l'uso di dette sostanze.

Ma in condizioni più favorevoli o qualora i materiali stessi possano ricavarsi in posto, il loro impiego ne risulta vantaggioso e opportuno.

Non torna ora fuor di luogo il segnalare come i correttivi calcari e la calce stessa non permettano di ripristinare la fertilità dei terreni acidi, fortemente lisciviati e impoveriti degli elementi potassio, magnesio, fosforo e talvolta dello stesso ferro, cui solo può sottrarsi in parte l'azoto organico delle spoglie vegetali eventualmente accumulate.

Tali terreni richiedono pertanto corrispondenti laute concimazioni e ciò ad impedire che i risultati delle calcitazioni si traducano in insuccesso.

Tra le pratiche correttive di questi terreni va inoltre posta in primo piano quella riguardante l'irrigazione, che assomma la duplice funzione di rifornimento idrico ad incremento della produzione e di efficace e non di rado decisiva azione correttiva dell'acidità.

Ciò è dovuto alla natura delle acque stesse che non sono mai prive di un sensibile quantitativo di bicarbonati di calcio e di magnesio e alla loro relativa facilità di penetrazione, assai elevata nei terreni organici e torbosi, nel substrato terroso che imbevono uniformemente facilitando in tal modo la sua neutralizzazione.

Evidentemente le acque più indicate allo scopo sono quelle a durezza temporanea notevole, per la maggior copia di bicarbonati alcalino-terrosi presenti; un semplice computo in base alla loro composizione e alle singole dotazioni fluide disponibili permette di valutare i quantitativi di calce e magnesio che vengono per tal modo introdotti nel terreno; quantitativi che da alcuni quintali possono raggiungere le ben maggiori cifre di 10 o più quintali per anno e per ettaro.

Vaste zone di natura acida sono state nel nostro paese redente con l'irrigazione; dalla baragge e vaude piemontesi alle brughiere della Lombardia ed effetti consimili non sono mancati in alcuni comprensori di recente bonifica del Veneto che hanno potuto fruire sin dall'inizio di una conveniente dotazione idrica.

Le leguminose e la medica hanno trovato anche nelle torbe fortemente acide, con disponibilità irrigatorie, ambiente immediato di successo, quivi pure lo stesso ladino vi alligna e prospera come nelle ubertose campagne lombarde.

Non mi soffermo a lungo sulla pratica del *debbio*, cui non possono tuttavia negarsi benefici effetti per la disacidificazione del terreno, ma attualmente limitato, almeno nella classica forma, od anche del tutto escluso per motivi economici di applicazione.

Anche nei terreni di bonifica, organico-torbosi, si ritiene poi doverlo sconsigliare per molteplici inconvenienti cui dà luogo (perdita di utile

franco di coltivazione, distruzione di un materiale organico ed azotato che costituirebbe successivamente una sorgente preziosa di fertilità ecc.).

Tutto al più esso va limitato a casi del tutto specialissimi, di terreno cioè a notevole spessore organico, fortemente acidi od ancora rivestiti da speciale feltro di assai difficile decomposizione quale quello ad es. fornito da alcune tipiche specie palustri — Carex coespitosa, ecc.

Pure in tali casi conviene interessare un debole strato superficiale, riuscendo facilmente a ciò nei comprensori ad esaurimento meccanico col tenere alto il livello freatico in modo da impedire la combustione di un maggior strato sottostante.

Un qualche sensibile contributo concorrente al miglioramento dei terreni acidi è concesso ancora apportare mediante l'uso appropriato di concimi alcalini e fisiologicamente alcalini.

Non può qui certo trattarsi di una vera correzione, modesta essendo la dose d'impiego di tali concimi pure nei casi di concimazione intensiva e conseguentemente minore quella del principio utile correttivo contenuto; tuttavia si avrà sempre una certa azione regolatrice favorevole.

Le sostanze concimanti che all'uopo possono raccomandarsi sono il salino potassico dei zuccherifici (con circa il 40 % di $K_2 CO_3$), le ceneri di legna in genere, la calciocianamide e le scorie di defosforazione le quali ultime tuttavia non appaiono oggi economicamente convenienti e possono sostituirsi coi perfosfati — che risultano fisiologicamente alcalini — od ancora, particolarmente nei terreni dotati di elevata acidità, con le fosforiti finamente macinate.

Altri concimi fisiologidamente alcalini sono rappresentati dai nitrati di calcio e di sodio e in minor misura per ovvie ragioni dal nitrato ammonico.

Correttivi dei terreri alcalini e salini.

A questo proposito vanno anzitutto tenute distinte le due categorie di terreni in precedenza esaminate e cioè: terreni alcalini per alcalinità costitutiva e terreni alcalini per alcalinità d'assorbimento.

I primi più che alle basi eventualmente presenti dei composti silicati che non ingenerano quasi mai gradi di alcalinità elevati e passibili di correzione, devono invece il loro vizio ai costituenti carbonati — di calcio e magnesio — la di cui alcalinità si rinnova immutata; per tale motivo essi sono di difficile e talvolta anche impossibile correzione.

Un contenuto anche sensibilmente elevato di calcare nel terreno, qualora non disgiunto da un certo corrispondente suo potere di cuscinetto non determina di regola alcalinità notevole, di modo che non si oltrepassa o di poco l'esponente P_H 8, entro i cui limiti può prosperare la massima parte delle piante coltivate.

Qualora invece venga a mancare questo potere tampone e la per-

centuale di calcare risulti elevata, l'alcalinità può raggiungere e superare l'esponente P_H 9.

Tali esponenti massimi sembrano quivi maggiormente possibili, come risulterebbe da alcune mie ricerche, per il fatto dell' impedito accumulo di sostanze organiche (scarsissima vi è la flora spontanea o limitata a poche resistenti specie), nonchè delle funzioni microbiche; trattasi in definitiva di terreni eminentemente minerali privi di vita e di quel dinamismo biochimico che è anche fonte incessante di sviluppo di CO_2 nell'atmosfera confinata del terreno. La minor tensione di acido carbonico nelle soluzioni circolanti determina quindi, per le ragioni note, i gradi più elevati di alcalinità di cui sono passibili le rocce carbonate stesse.

La correzione di tali terreni offre difficoltà spesso non sormontabili che attraverso metodico e ingente apporto di sostanze organiche: letamazioni e sovesci di piante e di abbondanti e rispondenti concimazioni minerali. I correttivi quali il solfato ferroso e lo zolfo non consentono di regola vantaggioso impiego economico.

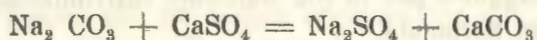
In queste più disagiate condizioni, cui concorre talvolta la grande permeabilità del substrato, in assenza pure di dotazioni idriche, miglior partito è quello di destinare i terreni stessi al pascolo e al prato naturale, cui non devonsi tuttavia negare i miglioramenti e le utili pratiche di concimazione, od ancora di provvedere al rimboschimento con adatte essenze. Tutto ciò concorre infatti a determinare in processo di tempo la formazione di una certa copertura organica, vantaggiosa per l'evoluzione pedogenetica e ai fini di ulteriori più consone trasformazioni.

I terreni che riflettono la loro alcalinità da composti d'assorbimento (cui tuttavia non di rado si somma anche una certa alcalinità costitutiva — argille plioceniche e terziarie dell'Appennino od altre analoghe —), raggiungono meno frequentemente gradi del tutto perniciosi di alcalinità; comunque sia e anche se le condizioni ne permettono il rinnovarsi, essa si dimostra di più facile eliminazione a mezzo di opportuni correttivi e di pratiche integranti.

L'elemento nefasto che occorre eliminare e che aggrava anche i vizi fisici del terreno, è qui dato dal sodio; interessa pertanto in via principale la trasformazione dell'argilla sodica in argilla calcica, con il che ne viene permessa l'utile sua floculazione ed assicurata al terreno la più confacente struttura lacunare.

Il correttivo più rispondente a tale riguardo è rappresentato dal solfato di calcio, il comune gesso, nelle sue due forme idrata o di anidrite.

Il meccanismo d'azione del gesso si rivela non solo sui composti labili d'assorbimento con lo scambio del catione calcio su quello sodico, ma bensì anche sui prodotti d'idrolisi — carbonato e bicarbonato sodico oltremodo dannosi —, dando luogo nell'uno e nell'altro caso alla formazione del solubile solfato sodico, neutro, che viene allontanato con le acque di colatura.

$$Na_2\,CO_3 + CaSO_4 = Na_2SO_4 + CaCO_3$$

La quantità di gesso occorrente per la correzione appare ovviamente assai variabile nei singoli casi e può salire in funzione del complesso colloidale d'assorbimento anche ad alcune decine di quintali per ettaro. In rapporto a quanto prima esposto può convenire o rendersi necessario l'uso graduale e continuato per un sensibile periodo di tempo. I perfosfati stessi, che come è noto contengono cospicue quantità di gesso, offrono risultati notevolmente benefici.

L'impiego di concimi fisiologicamente acidi quali il solfato ammonico e il solfato di potassio concorrono pure sebbene in modesta misura allo scopo. Notevole azione determinano inoltre le letamazioni e i sovesci per l'azione di cuscinetto dei colloidi organici.

I terreni di questa categoria dimostrano bene spesso anche un sensibile residuo salino complessivo solubile; vi ha pertanto una gamma che trapassa a terreni salmastrosi o a terreni fortemente salsi, questi ultimi particolarmente rappresentati nelle zone estreme a mare dei bassopiani vallivi.

Si è accennato alle difficoltà che accompagnano la redenzione agraria dei terreni notevolmente salsi, (difficoltà assai maggiori di quelle offerte da formazioni analoghe di paesi nordici, Olanda ecc.), dovute inizialmente al noto maggior contenuto salino delle nostre acque marine che imbevono tali relitti littoranei e, in prosieguo di tempo, al clima più secco che ostacola il dessalamento e favorisce nel contempo l'accumulo e la risalita della salsedine dagli strati profondi.

Va anche ricordato come man mano che il terreno si dessala viene pur qui manifestandosi la tipica reazione alcalina d'assorbimento, per cui la correzione consone appare analoga a quella dianzi considerata.

Agli effetti del dessalamento e della utile correzione non va in ogni modo dimenticata la possibilità d'impiego di acque irrigue.

Invero i terreni alcalini per alcalinità d'assorbimento e i terreni salsi in genere dimostrano impermeabilità elevatissima e quindi non si dimostrerebbero molto atti a ricevere i benefici dell'irrigazione; tuttavia il loro progressivo addolcimento e correzione può raggiungersi con opportune norme: o a mezzo di periodiche sommersioni o attraverso la risaia e pure col sistema irriguo a scorrimento.

A proposito d'impermeabilità va comunque osservato che essa deve intendersi in senso relativo e va specificata per ogni determinato tipo di terreno in rapporto alla composizione dell'acqua usata.

In altre parole non tutte le acque determinano effetti uguali sullo stesso terreno, che vi hanno casi nei quali le acque accentuano fortemente la permeabilità ed altri ancora in cui l'effetto è nullo od anche decisamente contrario.

Nelle condizioni di cui trattiamo si rendono particolarmente utili le acque provviste di sensibili quantità di solfato di calcio, la cui azione si rapporta quindi a quella spiegata con la gessatura del terreno e che può riuscire anche maggiore per la più uniforme distribuzione del composto stesso nello strato permeato.

Tali acque non fanno difetto in varie zone del nostro paese; è dato in ogni modo supplire alla loro eventuale deficienza di composizione utile mediante incorporamento preventivo e periodico nel terreno di rispondente quantità di gesso.

L'azione correttiva viene quindi a sommarsi con quella del lisciviamento dell'eccesso e dannoso complesso salino.

Problemi correlativi.

A completare la presente trattazione in merito ai correttivi e alle correzioni dei terreni rimarrebbe il dire intorno a quei particolari provvedimenti e a quelle pratiche agronomiche, bene spesso d'importanza preminente e comunque concorrenti in modo cospicuo al miglioramento fisico-chimico del terreno stesso e allo sviluppo dell'utile flora microbica. Brevità e convenienza di tempo non ne consentono però che un cenno fugace atto più che altro a porre in semplice rilievo alcuni rapporti di dipendenza tra tali pratiche e vizio di reazione.

L'allusione è rivolta in primo luogo al problema dello scolo delle acque, troppo di sovente assai trascurato, che interessa non solo nuovi e vecchi comprensori di bonifica ma bensì anche diverse estese superfici più o meno appoderate e alle cui deficienze in merito vanno comunemente attribuiti i difetti essenziali acquisiti od acquisibili dal terreno e le conseguenti scarse produzioni raggiungibili.

Il problema stesso non costituisce certamente una novità, ma può sempre dirsi all'ordine del giorno, posto che riesce in buon numero di casi di non facile soluzione richiedendosi all'uopo e non di rado opere di carattere generale e di sensibile dispendio economico.

Agronomi e studiosi convengono su tali necessità, deve anzi dirsi che la moderna sperimentazione ha non poco contribuito a lumeggiare i sinistri effetti di correlatività che intercedono tra queste insufficienze.

L'argomento è di grande importanza, esso riguarda infatti tanto le regioni settentrionali che il Mezzogiorno del nostro paese, sia pure con aspetti particolari da luogo a luogo ma sempre tuttavia di notevole interesse.

Il prof. Tommasi ha fra l'altro posto in luce come nei casi di scarso drenaggio il potenziale di ossiriduzione (rH) dei terreni stessi riesca abbassato, con sensibili influenti conseguenze sulla vegetazione.

Le deficienti o mancate possibilità di scolo e i ristagni che non concedono di sovente la sollecita evacuazione delle acque, oltremodo dannosi in regioni a copia più cospicua di precipitazioni, riescono di fatto altrettanto deprecati e deprecabili in clima estivo più secco, ove all'eccedenza invernale di acqua che disintegra, rigonfia e disperde la massa colloidale, succede l'arida stagione che ne spacca la compagine solida e ne permette l'accumulo alcalino e sodico-salino, costituendo un nefasto e concatenato

insieme; i lamentati insufficienti *franchi di vegetazione* di cui non riescono indenni anche parecchi comprensori di bonifica per sollevamento; le scoscese pendici che il *rittochino* aggrava impinguando il piano con la congerie alluvionale di più o meno fini elementi ma aumentandone il disagio idraulico, stanno a dimostrare per vaste superfici la verità dell'asserto che affatica non meno gli agricoltori che gli studiosi sperimentatori.

A tale insieme di fatti di carattere più generale è strettamente collegato l'altro problema della sistemazione superficiale delle zone pianeggianti e dei rilievi collinari in ispecie, che interessa la più minuta situazione aziendale, cui si connettono pure assai rilevanti problemi pedologici e di produzione.

Altro punto importante riguarda la lavorazione del suolo, che comunque stimo debba intaccare in certo notevole modo anche il substrato. Tale problema forma oggi oggetto di ricerca intensiva e fervono le discussioni intorno a questo o quel nuovo sistema. Sono d'avviso che tutto ciò debba essere esaminato con occhio sereno e privo di preconcetti; provare e riprovare, poichè non è neppure detto che certi punti a prima vista contrastanti, non presentino — e ciò non sembri un paradosso — anche aspetti di alcune concordanti correlazioni.

Sottaccio infine a quanto ha riguardo all'irrigazione, della quale, limitandomi ai riferimenti fatti in precedenza, va nuovamente posta in notevolissimo rilievo ed evidenza la grande importanza agli effetti della utile correzione del terreno.

Orbene, nessuno di questi ed altri essenziali problemi agrari è sfuggito o sfugge alla vigile premura del Governo Fascista che ha promosso, promuove, aiuta e sorregge con mezzi poderosi ogni iniziativa rivolta comunque al riscatto della madre terra e delle popolazioni.

A tale azione di sana audacia, fattiva e sicura, che sotto la guida del Duce il Regime persegue per forgiare gl'immancabili destini della Nazione, studiosi, tecnici e propagandisti agrari daranno certamente ancora e sempre ogni loro massimo contributo.